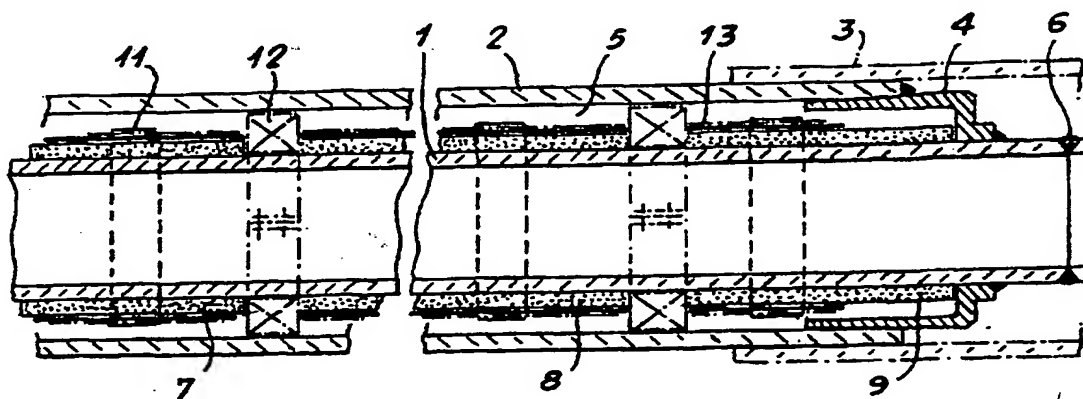




DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : F16L 59/06, 59/14, 39/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 97/37166 (43) Date de publication internationale: 9 octobre 1997 (09.10.97)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR97/00564 (22) Date de dépôt international: 28 mars 1997 (28.03.97) (30) Données relatives à la priorité: 96/04812 29 mars 1996 (29.03.96) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): ITP [FR/FR]; 11, quai Conti, F-78430 Louveciennes (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): VILLATTE, Ludovic [FR/FR]; 147, rue des Landes, F-78400 Chatou (FR). (74) Mandataire: THIBON-LITTAYE, Annick; Cabinet A. Thibon- Littaye, 11, rue de l'Etang, Boîte postale 19, F-78160 Marly- le-Roi (FR).		(81) Etats désignés: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, brevet ARIPO (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>

(54) Title: LINE PIPE WITH A DOUBLE HEAT-INSULATING CASING**(54) Titre:** TUYAU POUR CANALISATIONS DU TYPE A DOUBLE ENVELOPPE D'ISOLATION THERMIQUE**(57) Abstract**

A pipe with a double casing, particularly for petroleum product lines, is disclosed. In a preferred embodiment, the pipe comprises a self-supporting plate (7, 8, 9) made of an open-pore microporous material and arranged in a sealed ring-shaped space (5) between coaxial inner (1) and outer (2) tubes, said plate being flexible enough to be wound around the inner tube (1). The plate is preferably thinner than the ring-shaped space (5) so that a gap in which the pressure is reduced is provided between said plate and the outer tube (2).

(57) Abrégé

La présente invention a pour objet un tuyau à double enveloppe pour canalisations, notamment pour produits pétroliers. Suivant un mode de réalisation préféré, un tel tuyau est caractérisé en ce que, dans un espace annulaire étanche (5) entre un tube interne (1) et un tube externe (2) disposés coaxialement l'un dans l'autre, il comporte une plaque autoportante (7, 8, 9) de matériau microporeux à pores ouverts, présentant une flexibilité suffisante pour être enroulée contre le tube interne (1). Cette plaque présente de préférence une épaisseur inférieure à celle dudit espace annulaire (5), de sorte à créer entre elle et le tube externe (2) un passage libre par lequel on fait régner une pression réduite.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brsil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

TUYAU POUR CANALISATIONS DU TYPE A DOUBLE ENVELOPPE D'ISOLATION THERMIQUE

La présente invention concerne la conception et la
5 réalisation des tuyaux à double enveloppe, tels notamment
que ceux qui sont destinés à être raccordés bout à bout
pour constituer des canalisations, ou qui sont plus
particulièrement construits pour former des canalisations à
poser au fond des mers, pour servir à véhiculer des
10 produits pétroliers, sous forme liquide et/ou gazeuse.

Pour cette application comme pour d'autres appli-
cations industrielles analogues, elle apporte perfec-
tionnement aux tuyaux qui, d'une manière générale, sont
prévus à double enveloppe d'isolation thermique ménageant
15 un espace annulaire étanche entre deux tubes coaxiaux.

Un problème constant dans la réalisation de tels
tuyaux vient du besoin d'une bonne isolation thermique
entre l'intérieur et l'extérieur du tuyau, au moins en
certaines périodes de la vie d'une canalisation les
20 utilisant. En effet, et à titre d'exemple, les cana-
lisations sous-marines véhiculant des produits pétroliers
se trouvent à température froide dans les fonds marins
(normalement entre 0 et 20 °C), alors que les fluides
véhiculés doivent souvent pouvoir se présenter à
25 température relativement élevée (comprises entre 100 et
200 °C suivant les prescriptions usuelles). Et même lorsque
cette température diminue au cours de la vie d'un champ
producteur, le fluide doit conserver une température
minimale (par exemple 40 °C) jusqu'au lieu de destination
30 en bout de la canalisation, afin d'éviter la formation de
condensats solides.

D'autre part, les distances à parcourir sont
considérables. Elles se chiffrent en dizaines de

2

kilomètres. La qualité d'isolation thermique doit en plus perdurer pendant de longues années d'utilisation des canalisations. En tant qu'autres impératifs de la pratique, on peut souligner que cette capacité d'isolation thermique ne doit pas souffrir des opérations d'assemblage des canalisations au cours desquelles des tuyaux successifs sont raccordés bout à bout, ni des opérations de mise en place d'une canalisation ainsi formée, progressivement plongée dans la mer, ni encore des conditions de transport entre une usine de fabrication des tuyaux et le site de pose de la canalisation.

D'autres difficultés sont liées aux conditions de fabrication des tuyaux, aux tolérances dimensionnelles inévitables pour les tubes, compte tenu de leur nature (généralement de l'acier) et de leur diamètre (généralement compris entre 100 et 700 millimètres), et à la réalisation des étanchéités. L'une des solutions qui ait été proposée à l'industrie pétrolière consiste à créer un vide poussé dans l'espace annulaire entre les deux tubes coaxiaux d'un tuyau à double enveloppe. On comprend que dans ce cas, la réalisation des étanchéités est particulièrement délicate, et que tant le degré de vide que l'épaisseur sous vide nécessaire grèvent lourdement le coût des tuyaux.

Les mêmes impératifs de degré d'isolation thermique et de durabilité se retrouvent dans d'autres applications, en particulier dans des situations où l'on rencontre un différentiel de température de même ordre de grandeur entre intérieur et extérieur du tuyau, mais en sens inverse.

Dans le souci notamment de diminuer les coûts et d'améliorer la qualité et la durabilité de l'isolation thermique, la présente invention propose un tuyau à double enveloppe d'isolation thermique, qui se caractérise en ce que, dans un espace annulaire étanche entre un tube interne et un tube externe disposés coaxialement l'un dans l'autre, il comporte une plaque autoportante de matériau microporeux

3

à pores ouverts, présentant une flexibilité suffisante pour être enroulée contre le tube interne, et en ce qu'il est réservé hors ledit matériau dans ledit espace annulaire, un passage libre à une circulation longitudinale de gaz par lequel on fait régner une pression réduite tout au long dudit espace annulaire.

Suivant un mode de réalisation préféré de l'invention un tel passage se présente sous la forme d'une couche annulaire laissée libre entre la plaque de matériau microporeux et la paroi interne du tube interne.

Cette forme de réalisation se prête particulièrement bien aux tuyaux dont la fabrication prévoit l'enfilage du tube interne (qui sera ici préalablement équipé du matériau microporeux plaqué contre lui) à l'intérieur d'un tube externe existant. Tel est en général le cas pour les tuyaux utilisant des tubes d'acier pour limiter la double enveloppe.

En variante il peut apparaître préférable de constituer le tube externe en le fermant plaqué contre le matériau microporeux, ou en le réalisant par durcissement sur place d'une matière telle qu'une composition de résine organique, appliquée sur le matériau microporeux par projection, immersion, extrusion, ou autre technique analogue. Dans un tel contexte, il peut se révéler malcommode de réserver une couche annulaire complète libre à une circulation gazeuse longitudinale. Une telle couche pourra alors être remplacée par des conduits insérés en surface du matériau microporeux, avant par exemple de noyer l'ensemble dans une enveloppe de matière plastique, ou en évitant de fermer les plaques de matériau microporeux bord à bord, de sorte à laisser libre un passage suivant une génératrice du tuyau.

Un matériau particulièrement approprié pour le tuyau de l'invention est représenté par les plaques

4

d'isolant microporeux à base d'une matière céramique, et préférentiellement à base de silice, telles qu'elles existent dans le commerce, où elles sont produites notamment par la société Micropore International Ltd sous la marque Microtherm.

Le matériau de ces plaques est fait d'un mélange de poudre silicique et de fibres de renforcement céramiques, le tout compacté en une structure tridimensionnelle cohérente de fines particules qui est retenue dans une enveloppe non étanche. Cette dernière est couramment constituée d'un tissu de fibres minérales liées en un réseau de fibres croisées non tissées, notamment en fibres de verre, mais il sera plus économique de préférer pour l'invention un tissu de coton, en englobant ici le cas de fibres de coton liées ensemble sans véritable tissage.

Du point de vue chimique, il s'agit, du moins pour la structure microporeuse silicique (sans tenir compte de son enveloppe), d'un mélange dont la majeure partie est formée de silice mais qui contient aussi une mineure partie de dioxyde de titane.

Dans l'application qui est faite suivant l'invention de ce genre de plaques isolantes, la présence de dioxyde de titane apporte au matériau microporeux un pouvoir anti-radiatif que l'on exploite au voisinage du tube interne, celui qui est porté à température élevée dans les canalisations. A ce sujet, il est intéressant d'observer que l'on sait fabriquer des matériaux microporeux à base de gel de silice pyrogéné dans lesquels la proportion de dioxyde de titane dépasse 20 % en poids du poids total, jusqu'à atteindre environ 30 à 35 % en poids pour 60 à 70 % en poids de silice, si l'on néglige les parts mineures d'autres oxydes minéraux qui représentent au total moins de 5 % en poids.

Ces matériaux sont également avantageux dans le cadre de la présente invention par le fait qu'ils se

5

caractérisent par une porosité ouverte et un diamètre de pores inférieur ou, au plus, égal à 0,1 micron. Dans le langage du métier utilisé ici, la porosité est dite ouverte quand les pores ouverts en communication les uns avec les autres représentent la quasi-totalité des pores que la structure microporeuse comporte, soit en pratique de l'ordre de 85 à 95 % en volume du volume global des pores, qui est lui-même de l'ordre de 80 % du volume apparent.

Toutes les applications qui ont été recommandées à ce jour pour les matériaux microporeux essentiellement constitués de particules siliciques, notamment de gel de silice pyrogéné, exploitent le fait que le diamètre des pores ouverts est inférieur au libre parcours moyen des molécules d'air, ce qui assure pour l'essentiel une capacité d'isolation thermique bien supérieure à celle de matériaux plus traditionnels, en particulier de ceux qui sont fabriqués de sorte à ménager principalement des pores fermés.

A l'inverse de ces applications connues, la présente invention conduit à améliorer encore leurs performances en exploitant le fait que les pores sont ouverts pour créer un vide partiel tout au sein du matériau.

De ce fait, l'invention permet de sélectionner des épaisseurs de matériau microporeux qui deviennent suffisantes à apporter leur propre pouvoir isolant dans des limites satisfaisantes tout en restant dans le cadre des impératifs économiques de fabrication et mise en oeuvre des canalisations, alors même qu'un tel matériau est en soi très coûteux.

Dans le même temps, il découle de l'invention que l'on peut se contenter d'un vide partiel, se traduisant préférentiellement par une pression réduite comprise entre 0,5 millibar et 100 millibars. Ces conditions sont beaucoup

6

plus faciles à réaliser, pour un coût bien moindre, que les degrés de vide poussé proposés antérieurement pour des tuyaux à double enveloppe d'isolation thermique.

Par, entre autres, l'augmentation du libre parcours
5 moyen des molécules gazeuses qui en résulte, on parvient à augmenter le pouvoir isolant d'un facteur allant de 2 à 10, suivant la valeur de pression réduite choisie et suivant les conditions thermiques en positionnement.

Il est remarquable en outre que, suivant
10 l'invention, l'épaisseur occupée par la plaque de matériau microporeux dans l'espace annulaire entre les deux tubes coaxiaux laisse libre un passage de circulation laminaire d'air qui facilite une aspiration créant la pression réduite en la répercutant tout au long du tuyau à partir
15 d'une extrémité de celui-ci. De plus, les exigences posées pour la réalisation des étanchéités s'en trouvent moins sévères, ce qui contribue à faciliter les conditions de fabrication et de transport des tuyaux vers le lieu de mise en place des canalisations et à réduire les coûts.

20 D'une manière générale, on peut observer qu'il suffit de laisser une épaisseur moyenne de l'ordre de 0,5 à 5 mm à une couche de l'espace annulaire laissée libre du côté du tube externe par le matériau microporeux, pour que les opérations de création de la pression réduite soient
25 efficaces à évacuer l'air contenu d'origine dans les pores du matériau isolant microporeux. Cet effet peut s'expliquer par le fait que l'action d'aspiration s'exerce radialement à travers l'épaisseur de matériau microporeux en toute section transversale du tuyau, tandis que l'air circule
30 aisément dans le sens longitudinal dans l'espace laissé libre.

L'épaisseur utile de ce dernier se révèle en pratique du même ordre de grandeur que celles qui correspondent aux tolérances de fabrication des tubes eux-

mêmes et aux besoins technologiques relevant de la fabrication d'un tel tuyau par enfilage d'un tube externe pré-constitué par dessus le tube interne équipé de la couverture constituée par la plaque de matériau micro-
5 poreux.

Un autre avantage important de la présente invention réside dans le fait que le coefficient d'isolation thermique obtenu par la combinaison du matériau microporeux avec la création d'une pression réduite, à la
10 fois dans le matériau microporeux lui-même et dans l'épaisseur laissée libre dans l'espace annulaire entre les deux tubes coaxiaux, permet de réduire sensiblement l'épaisseur totale de cet espace annulaire, donc les dimensions du tube externe pour une même section utile du
15 tube interne et des contraintes d'isolation thermique similaires.

On peut ainsi observer qu'une épaisseur de matériau microporeux de 10 mm est suffisante pour satisfaire aux exigences des canalisations conduisant des produits
20 pétroliers à travers les fonds marins dans bien des cas d'application pratique. Dans d'autres cas, il sera possible d'augmenter cette épaisseur jusqu'à une valeur se situant avantageusement dans la gamme des 5 mm à 30 mm, et préférentiellement de 10 mm à 20 millimètres.

25 Dans la pratique toutefois, il se présente des situations où l'épaisseur de l'espace annulaire entre les deux tubes coaxiaux ne peut être ramenée à moins de 10 à 15 mm pour d'autres raisons d'ordre technologique, notamment pour permettre l'accès à des machines de soudage
30 pour fermer l'enveloppe annulaire de manière étanche aux extrémités du tuyau et/ou pour permettre cette fermeture par des moyens n'entraînant pas de transferts thermiques exagérés entre les tubes. Dans ce cas, on choisira avantageusement l'épaisseur de la plaque de matériau micro-
35 poreux à une valeur couvrant de 30 à 95 % de l'espace

8

annulaire entre les deux tubes coaxiaux, cette gamme se situant préférentiellement dans l'ordre de 50 à 80 %. On peut considérer que dans ce genre de situation, le diamètre interne du tube extérieur est le plus souvent de 25 à 50 mm
5 supérieur au diamètre de la paroi externe du tube interne.

Dans le paragraphe précédent et dans ce qui va suivre, on se réfère à un cas préféré d'application de l'invention dans lequel des tuyaux individuellement préfabriqués sont transportés ainsi sur le site de mise en
10 place de la canalisation, où celle-ci est alors assemblée par raccordement de tuyaux successifs bout à bout. D'autre part, on s'intéresse spécialement à de tels tuyaux dans lesquels les deux tubes co-axiaux sont des tubes métalliques qui sont enfilés l'un dans l'autre avant de
15 fermer l'enveloppe intermédiaire aux deux extrémités du tuyau.

On remarquera, à ce sujet, que l'utilité de faire intervenir pour cela la présence d'une virole intermédiaire doublement fixée, de manière étanche, d'une part sur le
20 tube interne, d'autre part sur le tube externe, en chacune des extrémités des tuyaux préfabriqués, se fait surtout sentir lorsque ces tuyaux sont de longueur relativement faible, par exemple fixée à 12 m ou 24 m, alors que pour des tuyaux de plus grande longueur, on est plus aisément
25 conduits à négliger le risque de fuites thermiques minimales qui peuvent se produire à l'endroit des raccords entre les tuyaux soudés bout à bout. Une telle virole est de préférence de nature métallique et fixée par soudage, mais dans d'autres cas, on peut avantageusement utiliser une
30 virole en élastomère que l'on colle sur chacun des tubes.

Dans la mesure où les températures élevées que le matériau microporeux doit être capable de supporter restent de l'ordre de grandeur de 100 à 200 °C, donc bien inférieures à celles des applications connues de ce type de
35 matériau, il est avantageux de remplacer l'enveloppe non

étanche qui enferme le matériau silicique lui-même par un tissu à base de coton plutôt qu'un tissu à base de fibres de verre ou autres fibres céramiques. Par la notion de tissu ici employée, on entend couvrir les réseaux où les fibres ne sont pas véritablement tissées entre elles, conformément à ce que l'on désigne couramment sous les termes de tissus non tissés.

Par ailleurs, on pourra trouver intérêt à utiliser ce type d'isolant thermique sous la forme de bandes planes parallèles réunies entre elles par le tissu enveloppe, en disposant ces bandes longitudinalement sur le tube interne du tuyau de l'invention. Mais le plus souvent, il sera plus avantageux d'éviter la création de ponts thermiques suivant des génératrices du tuyau en prévoyant d'enrouler autour du tube interne une plaque unique fabriquée sous épaisseur constante dont les bords se rejoignent.

En effet, sous les épaisseurs utiles suivant l'invention et pour les diamètres de tubes utilisés dans la pratique des canalisations envisagées, les plaques de matériau microporeux disponibles dans le commerce comme étant des plaques planes présentent une flexibilité suffisante pour pouvoir s'enrouler sans difficulté en étant plaquées contre le tube interne.

Comme on l'a déjà indiqué, les plaques de matériau microporeux sont néanmoins auto-portantes, ce qui fait qu'en général, il ne sera pas nécessaire de fixer les bords de la plaque tout au long d'une génératrice du tube interne, et que l'on pourra préférentiellement se contenter d'une fixation bord à bord de place en place, à assurer notamment au moyen de bandages auto-collants.

Des explications qui précèdent comme de celles qui suivront, on doit comprendre que l'invention met à profit les particularités des plaques isolantes à base de silice en microporosité à porosité ouverte et en flexibilité dans

10

les dimensions utiles, plus que leur capacité connue de résister à de très fortes températures de par leur nature céramique.

En conséquence, l'homme de l'art saura choisir des
5 matériaux équivalents, sans sortir du cadre de la présente invention. En cela il pourra notamment avoir recours à des matériaux microporeux à base de résine organique polymérisée, plutôt qu'à base de composés minéraux, ou à des
10 matériaux fabriqués à partir d'une composition comportant plus ou moins de particules fines homogènes dans leurs dimensions ou plus ou moins de fibres comme dans les feutres.

Par ailleurs, la pression réduite créée n'est pas nécessairement sous atmosphère d'air. Au contraire, il peut
15 être plus avantageux de remplacer l'air rémanent par un autre gaz, tel que l'argon, par une opération de substitution par balayage qui, là encore, ne demande pas de passer par l'intermédiaire d'un vide poussé.

Conformément à l'une de ses caractéristiques
20 secondaires, l'invention prévoit de doubler extérieurement la plaque de matériau microporeux d'une feuille de protection capable d'éviter sa détérioration lors de l'enfilage des tubes coaxiaux l'un dans l'autre. Un exemple préféré d'une telle feuille est constitué par une feuille
25 de matériau organique, notamment en résine de polyester telle que le polyéthylène.

On peut la rendre en contact intime avec le matériau microporeux soit par sa capacité propre de rétraction, soit par un effet de vide évitant que lors de
30 l'enfilage d'un tube externe préalablement formé par-dessus le tube interne équipé des plaques de matériau microporeux, cette feuille puisse former des bourrelets et entraîner des bourrages.

Dans certains cas, il sera aussi des plus utiles

qu'une telle feuille présente un faible coefficient de friction en surface, spécialement par sa surface tournée vers le tube externe, afin de ne pas gêner les déplacements relatifs ponctuels qu'entraînent l'enroulement d'un tuyau
5 sur lui-même et son déroulement sur le site de pose de la canalisation à laquelle il est destiné.

Dans d'autres applications, on pourra préférer apposer ainsi, en surface extérieure du matériau microporeux, une feuille réalisée en un autre matériau, et plus
10 particulièrement une feuille aluminisée présentant vers l'extérieur une surface tendant à éviter les transferts thermiques de type radiatif.

De manière similaire, on pourra trouver intérêt à revêtir le tube interne d'une couche anti-radiative en sous
15 face du matériau microporeux. Toutefois, il semble que d'une manière générale, l'efficacité de l'isolation procurée par l'invention permet avantageusement d'éviter le surcoût que de telles couches peuvent impliquer.

Suivant encore une autre caractéristique de
20 l'invention, il est avantageusement prévu des espaceurs ayant pour finalité d'assurer un centrage du tube interne dans le tube externe en maintenant un espace minimal convenable entre tube interne et tube externe de bout en bout le long du tuyau. De tels espaceurs sont réalisés de
25 manière classique par des demi-coquilles serrées ensemble en position fixe sur le tube interne du tuyau.

Dans le cadre de la présente invention, on pourra en général éviter de disposer de tels espaceurs par-dessus le matériau microporeux, et les disposer au contraire en
30 position stable directement sur le tube interne, de telle sorte qu'ils forment simultanément une butée longitudinale s'intercalant entre deux plaques de matériau microporeux se succédant sur la longueur du tuyau.

Les différentes caractéristiques de l'invention

12

apparaîtront plus clairement avec leurs avantages respectifs au cours de la description ci-après d'un exemple de mise en oeuvre particulier illustré par la figure unique des dessins annexés.

5 Cette figure montre en coupe longitudinale partielle un tuyau à double enveloppe suivant l'invention, qui comporte donc un tube interne 1 enfilé coaxialement dans un tube externe 2, tel qu'il est préfabriqué en usine pour être transporté sur le site d'utilisation où des
10 tuyaux identiques successifs sont raccordés bout à bout pour constituer une canalisation plongée en mer.

On a fait apparaître schématiquement un manchon 3 que l'on ajoute alors au niveau du raccord entre deux tuyaux soudés bout à bout par leurs tubes internes 1
15 respectifs.

On a représenté également une virole intermédiaire 4, que l'on retrouve à chaque extrémité du tuyau et qui ferme en ces deux extrémités une espace annulaire étanche 5 compris entre les deux tubes.

20 Cette virole 4, de forme générale conique, qui constitue ce que l'on appelle une tulipe d'extrémité dans le métier, est soudée de manière étanche d'une part sur le tube interne 2, en laissant dépasser une zone suffisante de celui-ci pour la réalisation de la soudure 6, et d'autre
25 part à l'intérieur de l'extrémité en retrait du tube externe 2.

Sur la même figure, on voit des plaques de matériau microporeux 7, 8, 9, qui sont enroulées autour du tube interne 1 et dimensionnées pour que leurs bords opposés se
30 rejoignent suivant une génératrice de ce tube, ainsi que des bandages ou colliers 11, formés de simples bandes de papier auto-collant, qui les retiennent serrées bord à bord plaquées contre la paroi externe du tube 1.

13

On y voit aussi que, dans le sens de la longueur du tuyau, les plaques 7, 8, 9 sont séparées les unes des autres par des espaceurs 12 intercalés entre elles. Ceux-ci sont constitués par des demi-coquilles fixées l'une à l'autre en position ferme serrée contre le tube interne 1. Ils sont réalisés notamment en une matière organique moulée. Leur diamètre extérieur est inférieur au diamètre intérieur du tube externe 2, afin de ne pas gêner l'enfilage des deux tubes 1 et 2 l'un dans l'autre malgré les variations d'épaisseurs de paroi et de rotondité qui sont habituellement tolérées dans la fabrication de ce genre de tubes.

Les espaceurs 12 ainsi réalisés combinent la fonction de centrage transversal du tube interne 1 à l'intérieur du tube externe 2 avec une fonction de butée entre les plaques successives de matériau microporeux dans le sens longitudinal. Ils constituent en outre des éléments de renforcement mécanique reportant directement sur le tube interne plutôt que par l'intermédiaire des plaques isolantes les efforts de flexion que le tuyau peut avoir à supporter lors de la pose en mer.

Dans l'exemple de réalisation illustré ici, le matériau microporeux est constitué par une plaque d'isolant thermique à base de gel de silice pyrogéné enfermé dans une enveloppe de tissu de coton.

Il s'agit plus précisément d'une plaque fabriquée par la société Micropore International Ltd sous la marque Microtherm, dans laquelle la structure microporeuse de silice contient environ 65 % de silice et environ 32 % de dioxyde de titane, le reste de la composition en poids étant constitué par de l'alumine et des traces de différents autres oxydes métalliques ou alcalino-terreux, provenant notamment d'alumino-silicates constituant la matière des fibres réticulant les particules de silice.

En se référant toujours à l'exemple particulier

décrit, l'épaisseur de la plaque de matériau microporeux occupe la moitié de l'espace annulaire 5 entre les deux tubes coaxiaux.

Pour une épaisseur de 15 mm et un espace annulaire
5 de 30 mm autour d'un tube interne 1 d'épaisseur courante (13 mm) pour une section de passage de fluide de 430 mm de diamètre, elle laisse libre une épaisseur équivalente de volume d'air au voisinage du tube externe 2.

C'est par circulation longitudinale dans cet espace
10 laissé libre que l'on crée un vide partiel extrayant l'air contenu dans les pores ouverts du matériau microporeux à travers le tissu qui l'enveloppe. Le vide est réalisé jusqu'à faire régner une pression réduite de l'ordre de 50 millibars, par aspiration au moyen d'un piquage
15 provisoirement branché sur un trou ménagé à l'une des extrémités d'un tuyau, trou qui est ensuite fermé par un joint de soudure.

Comme il est classique, les tubes 1 et 2, de même
que les viroles d'extrémité 4, de forme globalement
20 conique, sont réalisés en acier.

Le tube interne 1 peut avantageusement comporter un revêtement complémentaire de sa paroi externe choisi pour présenter des propriétés s'opposant au glissement longitudinal du matériau microporeux plaqué contre elle. En
25 variante ou en complément, on peut trouver intérêt, plus particulièrement pour les opérations de montage, à assurer une adhérence des bords de chaque plaque de matériau microporeux là où ils se rejoignent, tout le long de la génératrice correspondante du tube interne.

30 D'autre part, on a fait apparaître sur la figure une feuille intermédiaire 13 qui est enroulée extérieurement autour de chaque plaque isolante 7, 8, 9 de matériau microporeux. Son propos est de protéger

15

l'enveloppe de tissu de ce matériau des dégradations qu'elle pourrait subir lors de l'enfilage du tube externe sur le tube interne déjà équipé desdites plaques et des épaisseurs 12.

- 5 Cette feuille 13 est représentée constituée d'une nappe de matière organique revêtue d'aluminium sur sa face extérieure. Mais il est mieux d'utiliser une feuille de polyéthylène de 0,2 mm d'épaisseur fermée par collage le long d'une génératrice du tuyau. L'emploi d'une feuille en
10 matière rétractable a l'avantage d'assurer un bon couplage de la plaque isolante avec le tube interne du point de vue des vibrations mécaniques.

- Suivant l'un des exemples de réalisation pratique des tuyaux décrits et représentés, tels qu'ils sont
15 préfabriqués en usine, la partie courante de chaque tuyau est constituée d'un tube interne 1 présentant un diamètre extérieur de 219 mm et une épaisseur de paroi de 13 mm et d'un tube externe 2 de 249 mm de diamètre intérieur et de 11 mm d'épaisseur de paroi.

- 20 Pour chaque tuyau, le tube externe est enfilé autour du tube interne après que celui-ci ait été équipé d'abord des espaceurs 12, puis des plaques de matériau microporeux 7, 8, 9, présentant chacune une épaisseur constante de 12 mm, sous une largeur équivalente au
25 pourtour périphérique du tube interne et une longueur de 40 centimètres. Ce matériau présente une porosité à 90 % d'espaces vides, essentiellement en pores ouverts de diamètre moyen inférieur à 0,1 micron, et une masse volumique de 255 kg/m³.

- 30 On procède ensuite à la mise sous vide par la couche de 3 mm d'épaisseur moyenne laissée libre au voisinage du tube externe, jusqu'à une pression réduite de 50 millibars, comme ci-dessus.

 La même couche, qui autorise une circulation

16

gazeuse dans le sens longitudinal et permet de créer le vide partiel au sein du matériau microporeux dans le sens transversal, peut conserver une utilité ultérieurement, une fois les tuyaux successifs raccordés en une canalisation sous-marine.

Cette possibilité sera maintenant illustrée en se référant à une variante de construction d'une canalisation à partir d'un tuyau suivant l'invention. Conformément à cette variante le tuyau est réalisé sur de grandes longueurs en usine et transporté enroulé sur lui-même jusqu'au site de mise en place, éventuellement là aussi situé en pleine mer.

Qu'il y ait lieu ou non à raccordement de tubes successifs, un tuyau complet se présente d'une seule pièce, avec un espace annulaire tout du long pour l'isolation thermique.

Une fois un tel tuyau mis en place, le passage de circulation gazeuse reste accessible de l'une ou l'autre des extrémités de la canalisation pour faire varier le degré de vide au cours de la vie de cette dernière, faire varier en conséquence l'efficacité d'isolation.

Cette possibilité se révèle particulièrement utile dans le domaine pétrolier, car les effluents d'un champ producteur voient leurs températures varier au fur et à mesure de l'exploitation des puits, ainsi d'ailleurs que d'autres conditions de fonctionnement, telles que le débit et la composition physique et chimique de l'effluent véhiculé par la canalisation.

Dans un exemple pratique, on commence par régler l'efficacité d'isolation thermique à une valeur relativement faible, pour les périodes d'exploitation où l'effluent pénètre dans la canalisation par exemple à 150 °C. La réalisation d'un coefficient d'isolation

thermique global ("Overall Heat Transfer Coefficient" en anglais) de l'ordre de 2 à 5 W/m² par °C permet de limiter les phénomènes de dilation longitudinale du tube interne, tout en préservant à l'effluent une température au moins
5 égale à 40 °C jusqu'à sa sortie de la canalisation.

En fin de vie du champ producteur, la température de l'effluent à l'entrée de la canalisation s'abaisse sensiblement, et il devient utile d'améliorer le coefficient d'isolation thermique global, jusqu'à par
10 exemple 0,5 W/m² par °C, pour conserver en sortie de la canalisation, la même température, dans un compromis entre les soucis d'ordre économique et le besoin d'éviter la formation de condensats indésirables tout au long du trajet suivi par l'effluent dans la canalisation.

15 Dans de telles circonstances, on a donc intérêt à choisir, dimensionner et disposer les éléments constitutifs du tuyau suivant l'invention de manière qu'il soit adapté à générer un coefficient d'isolation thermique global compris entre 0,5 W/m².°C et 1 W/m².°C quand on fait régner dans la
20 double enveloppe du tuyau une dépression de l'ordre de 1 à 100 mbar, pouvant éventuellement ne pas dépasser une valeur de pression réduite de l'ordre de 900 mbars, et que l'on puisse néanmoins exploiter la présence des passages longitudinaux libres à la circulation de l'air pour créer
25 au contraire une surpression, la pression dans l'espace annulaire entre les tubes coaxiaux (y compris le matériau microporeux) pouvant alors atteindre 50 bars par exemple.

Dans un tel exemple, l'invention se traduit par un procédé d'utilisation d'un tuyau ainsi constitué,
30 essentiellement caractérisé par le fait qu'on fait varier la pression régnant dans ledit espace annulaire entre des valeurs pouvant atteindre 50 bars en début de vie d'une canalisation formée par ledit tuyau, et des valeurs comprises entre 1 mbar et 900 mbar en fin de vie de la
35 canalisation. On peut ainsi faire varier le coefficient

18

d'isolation thermique global entre $0,5 \text{ W/m}^2.\text{°C}$ et $5 \text{ W/m}^2.\text{°C}$, pour une épaisseur de plaque de matériau microporeux de l'ordre de 10 à 14 mm et une couche annulaire de circulation longitudinale de gaz présentant
5 une épaisseur radiale moyenne comprise entre 1 et 5 millimètres.

Dans un cas comme dans l'autre, l'air supposé présent dans l'espace annulaire, y compris dans les pores du matériau microporeux, peut être remplacé par un autre
10 gaz, tel qu'un gaz neutre comme l'argon, afin d'améliorer encore les qualités recherchées, pour les mêmes natures et dimensions des éléments constitutifs.

REVENDICATIONS

1. Tuyau à double enveloppe pour canalisations, notamment pour canalisations de produits pétroliers à poser en mer, caractérisé en ce que, dans un espace annulaire étanche (5) entre un tube interne (1) et un tube externe (2) disposés coaxialement l'un dans l'autre, il comporte une plaque autoportante (7,8,9) de matériau microporeux à pores ouverts, présentant une flexibilité suffisante pour être enroulée contre le tube interne (1), et en ce qu'il est réservé hors ledit matériau dans ledit espace annulaire, un passage libre à une circulation longitudinale de gaz par lequel on fait régner une pression réduite tout au long dudit espace annulaire.

2. Tuyau suivant la revendication 1, caractérisé en ce que ledit passage se présente sous la forme d'une couche annulaire laissée libre entre la plaque de matériau microporeux et la paroi interne du tube externe. l'épaisseur de ladite plaque étant inférieure à celle dudit espace annulaire (5).

3. Tuyau suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite pression réduite est comprise entre 0,5 et 100 millibars.

4. Tuyau suivant la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que ledit matériau microporeux est sous forme de plaques isolantes à base céramique réparties sur la longueur du tuyau.

5. Tuyau suivant la revendication 4, caractérisé en ce que le matériau desdites plaques est fait d'un mélange de

20

poudre silicique et de fibres de renforcement céramiques, le tout compacté en une structure tridimensionnelle cohérente de fines particules qui est retenue dans une enveloppe non étanche.

5 6. Tuyau suivant la revendication 5, caractérisé en ce que ladite enveloppe est constituée d'un tissu de fibres de coton, de préférence non tissées.

7. Tuyau suivant l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que ledit matériau microporeux est
10 constitué d'un mélange d'une majeure partie formée de silice avec une mineure partie formée de dioxyde de titane.

8. Tuyau suivant la revendication 7, caractérisé en ce que la proportion de dioxyde de titane dans ledit matériau
15 est comprise entre 30 à 35 % en poids pour 60 à 70 % en poids de silice, par rapport au poids total de sa composition.

9. Tuyau suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les pores du matériau
20 constituant ladite plaque sont ouverts pour 85 à 95 % de leur volume global, sous un diamètre de pores moyen inférieur ou au plus égal à 0,1 micron.

10. Tuyau suivant la revendication 2, éventuellement combinée avec l'une quelconque des revendications 3 à 9, caractérisé en ce que la couche laissée libre contre ledit
25 tube externe (2) par la plaque de matériau microporeux présente une épaisseur moyenne comprise entre 0,5 et 5 millimètres.

21

11. Tuyau suivant l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il comporte des espaceurs de centrage dudit tube interne (1) dans ledit tube externe (2), régulièrement répartis serrés fixes sur ledit tube interne (1) sur la longueur du tuyau, qui forment des éléments de renforcement et des butées longitudinales pour des plaques distinctes dudit matériau microporeux.

12. Tuyau suivant l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte une feuille (13) de protection de ladite plaque (7,8,9) qui est plaquée extérieurement autour de ladite plaque et qui, de préférence, présente un faible coefficient de friction en surface.

13. Tuyau suivant la revendication 12, caractérisé en ce que ladite feuille (13) est en matière rétractable favorisant un couplage de ladite plaque avec ledit tube interne du point de vue des vibrations mécaniques.

14. Tuyau suivant l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une feuille à effet anti-radiatif, interposée entre ledit tube interne (1) et ledit tube externe (2), en coopération avec ladite plaque (7,8,9) de matériau microporeux et ledit passage laissé libre sous pression réduite.

15. Tuyau suivant l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce ledit tube interne est un tube d'acier qui est enfilé sur le tube interne, également en acier, préalablement équipé de ladite plaque de matériau microporeux, l'espace annulaire étant ensuite fermé étanche aux extrémités du tuyau au moyen d'une virole intermédiaire entre lesdits tubes coaxiaux.

22

16. Procédé d'utilisation d'un tuyau suivant l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé par le fait qu'au cours de la vie d'une canalisation formée par ledit tuyau, on fait varier la pression régnant dans ledit
5 espace annulaire entre des valeurs pouvant atteindre 50 bars et des valeurs comprises entre 1 mbar et 900 mbar, pour faire varier le coefficient d'isolation thermique global entre l'intérieur et l'extérieur du tuyau entre 0,5
10 $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ et 5 $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, l'épaisseur de ladite plaque de matériau microporeux étant de l'ordre de 10 à 14 mm et une couche de circulation longitudinale de gaz suivant la revendication 2 étant ménagée sous une épaisseur moyenne comprise entre 1 et 5 millimètres.

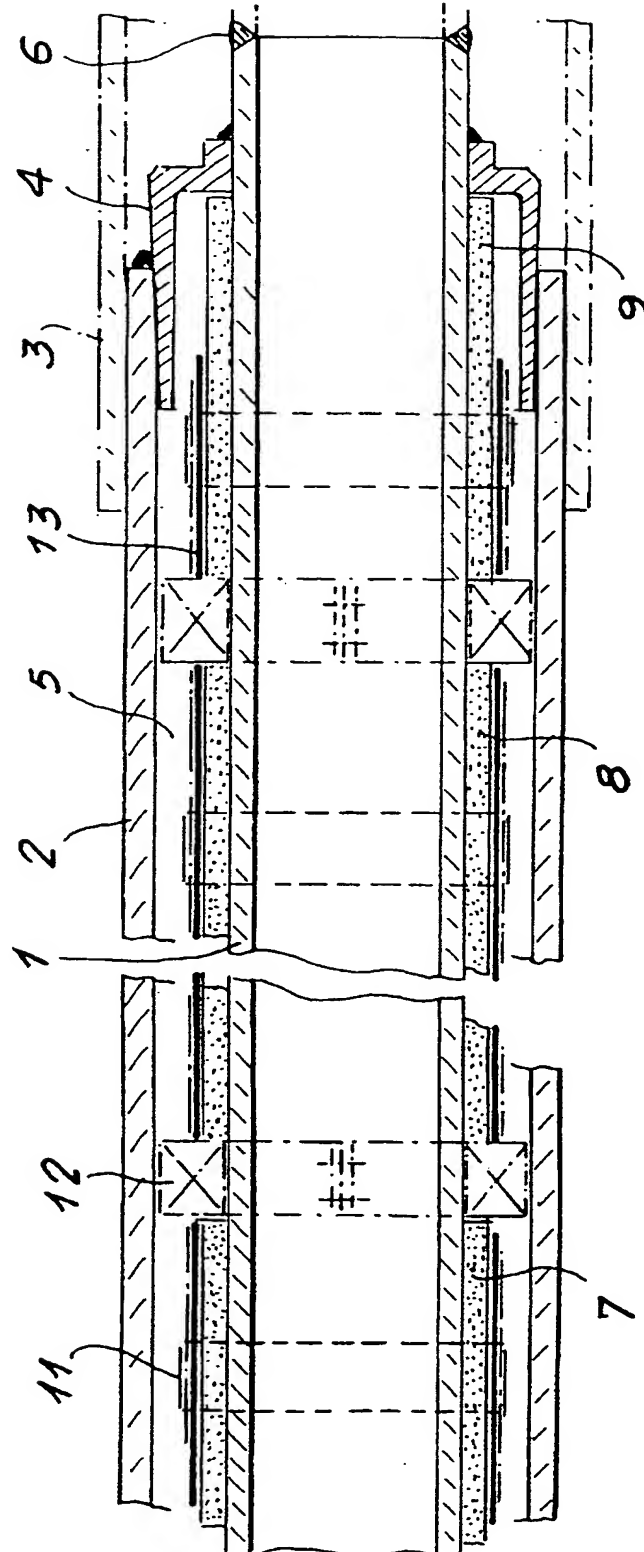


Fig 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 97/00564

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 F16L59/06 F16L59/14 F16L39/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC.

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 F16L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 613 814 A (BERTIN & CIE) 14 October 1988 see the whole document	1
A	AT 378 834 B (ETERNIT-WERKE L. HATSCHEK AG) 10 October 1985 see claims 1-5; figures 1,2	1
A	DE 28 44 223 A (GRUENZWEIG & HARTMANN MONTAGE GMBH) 24 April 1980 see the whole document	1
A	US 3 410 313 A (J. L. MARTIN) 12 November 1968 see the whole document	1

	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 June 1997

Date of mailing of the international search report

09.07.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Angius, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No
PCT/FR 97/00564

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2 930 407 A (J. CONLEY ET AL.) 29 March 1960 see the whole document ---	1
A	GB 2 269 876 A (T. J. CORBISHLEY) 23 February 1994 see abstract; figures 1-3 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No
PCT/FR 97/00564

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 513814 A	14-10-88	NONE	
AT 78834 - B	10-10-85	NONE	
DE 2844223 A	24-04-80	BE 879272 A NL 7906121 A	01-02-80 15-04-80
US 3410313 A	12-11-68	NONE	
US 2930407 A	29-03-60	NONE	
GB 2269876 A	23-02-94	AT 154108 T AU 668209 B AU 4724093 A CA 2141808 A EP 0655117 A WO 9404865 A NO 950519 A NZ 254931 A	15-06-97 26-04-96 15-03-94 03-03-94 31-05-95 03-03-94 06-04-95 25-06-96

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den : Internationale No
PCT/FR 97/00564

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 F16L59/06 F16L59/14 F16L39/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 6 F16L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 613 814 A (BERTIN & CIE) 14 Octobre 1988 voir le document en entier ---	1
A	AT 378 834 B (ETERNIT-WERKE L. HATSCHEK AG) 10 Octobre 1985 voir revendications 1-5; figures 1,2 ---	1
A	DE 28 44 223 A (GRUENZWEIG & HARTMANN MONTAGE GMBH) 24 Avril 1980 voir le document en entier ---	1
A	US 3 410 313 A (J. L. MARTIN) 12 Novembre 1968 voir le document en entier ---	1
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

*** Catégories spéciales de documents cités:**

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 26 Juin 1997	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 09.07.97
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tél. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Angius, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den Internationale No
PCT/FR 97/00564

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Categorie	Identification des documents cites, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2 930 407 A (J. CONLEY ET AL.) 29 Mars 1960 voir le document en entier ---	1
A	GB 2 269 876 A (T. J. CORBISHLEY) 23 Février 1994 voir abrégé; figures 1-3 -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den : Internationale No
PCT/FR 97/00564

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2613814 A	14-10-88	AUCUN	
AT 378834 B	10-10-85	AUCUN	
DE 2844223 A	24-04-80	BE 879272 A NL 7906121 A	01-02-80 15-04-80
US 3410313 A	12-11-68	AUCUN	
US 2930407 A	29-03-60	AUCUN	
GB 2269876 A	23-02-94	AT 154108 T AU 668209 B AU 4724093 A CA 2141808 A EP 0655117 A WO 9404865 A NO 950519 A NZ 254931 A	15-06-97 26-04-96 15-03-94 03-03-94 31-05-95 03-03-94 06-04-95 25-06-96